

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Факультет інформатики та обчислювальної техніки  
Кафедра автоматизації та управління в технічних системах**

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ О.І.Ролік

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проект  
на здобуття ступеня бакалавра  
з напрямку підготовки 6. 050201 «Системна інженерія»  
на тему: «Автоматизована система управління виробництвом ПЕТ  
тари»**

Виконав:

Студент IV курсу, групи ІА-52

Пунда Сергій Юрійович \_\_\_\_\_

Керівник:

Доцент кафедри АУТС Долина В. Г. \_\_\_\_\_

Рецензент: \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2019 рік

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Факультет інформатики та обчислювальної техніки**  
**Кафедра автоматики та управління в технічних системах**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки – 6.050201 «Системна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.І. Ролік

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

**Пунди Сергія Юрійовича**

1. Тема проекту «Автоматизована система управління виробництвом ПЕТ тари»,

керівник проекту Долина Віктор Георгійович, старший викладач,

затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проекту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту

\_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки

\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

\_\_\_\_\_

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка

Студент

Пунда С. Ю.

Керівник проекту

Долина В. Г.

## АНОТАЦІЯ

Пунда С.Ю. Автоматизована система управління виробництвом ПЕТ-тари. НТУУ «КПІ ім. Сікорського», Київ, 2019.

Проект містить 69 с. тексту, 34 рисунки, 18 таблиць, посилання на 24 літературних джерел.

Ключові слова: ПЕТ, преформа, ПЕТ-гранулянт, ділянка виробництва, прес-форма.

Об'єктом розробки є автоматизована система управління виробництвом ПЕТ-тари.

Мета роботи – є підвищення якості виробництва ПЕТ тари.

У дипломному проекті розроблено автоматизовану систему управління виробництвом ПЕТ-тари. Проведено повний аналіз технологічного процесу. Вибрано технічні засоби, які призначені для працездатності системи.

Результати роботи є корисними при розробці автоматизованих систем управління виробництвом ПЕТ-тари.

## SUMMARY

Punda S.Y. Automated control system for production of PET packaging. NTUU "Igor Sikorsky KPI", Kyiv, 2019.

The project contains 69 page text, 34 figures, 18 tables, links to 24 literary sources.

Keywords: PET, preform, PET granulant, production site, mold.

The object of development is a automated control system for production of PET packaging.

The purpose of the work is to improve the quality of the production of PET packaging.

In the diploma project has developed an automated system for production of PET packaging. A complete analysis of the technological process is carried out. Technical means were chosen that were designed for efficient operation of the system. The results of the work are useful in the development of automated control systems for the production of PET packaging.

Номер сторінки	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. листів	Номер екзем.	Примітка
1			Документація загальна			
2						
3						
4						
5	A4	IA52.220БАК.005 ПЗ	Пояснювальна записка	1		
6	A3	IA52.220БАК.005 Э2.1	Структурна схема	1		
7			системи управління			
8			виробництвом ПЕТ тари			
9	A3	IA52.220БАК.005 Э2.2	Структурна схема ділянки	1		
10			виробництва преформ			
11	A3	IA52.220БАК.005 Э2.3	Структурна схема ділянки	1		
12			виробництва тари з			
13			преформ			
14	A3	IA52.220БАК.005 Э2.4	Функціональна схема	1		
15			ділянки виробництва			
16			преформ			
17		IA52.220БАК.005 Э2.5	Функціональна схема	1		
18			ділянки виробництва			
19			тари з преформ			
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
					IA52.220БАК.001 ТП	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система управління виробництвом ПЕТ тари Відомість технічного	
Розробив		Пунда С. Ю.				
Перевірив		Долина В. Г.				
Рецен.						
Н. Контр.						
Затв.					<div>Літ.</div> <div>Арк</div> <div>Аркушів</div> <div> <div>1</div> <div>64</div> </div> <div>НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» ФІОТ Група ІА-52</div>	

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проекту**  
**на тему: «Автоматизована система управління**  
**виробництвом ПЕТ тарою»**

Київ – 2019 рік

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1 СУЧАСНИЙ СТАН ЛІНІЙ ВИРОБНИЦТВА ПО ВИГОТОВЛЕННЮ ПЕТ-ТАРИ.....	6
1.1 Переваги ПЕТ тари .....	6
1.2 Методи виготовлення ПЕТ тари.....	7
1.3 Технологія виготовлення ПЕТ тари .....	8
1.3.1 Класифікація ПЕТ преформ.....	9
1.3.2 Конструкція преформи .....	10
1.3.3 Процес виробництва готової тари з преформ .....	14
1.4 Контроль якості виробництва ПЕТ тари .....	16
1.5 Обладнання для виготовлення ПЕТ тари .....	21
1.6 Аналіз існуючих рішень .....	24
Висновки до розділу 1 .....	30
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ЇЇ КОМПОНЕНТІВ .....	31
2.1 Розробка структурної схеми системи управління технологічним процесом виробництва ПЕТ тари .....	31
2.2 Розробка структурної схеми ділянки виробництва преформ .....	33
2.3 Розробка структурної схеми ділянки виробництва тари з преформ.....	34
2.4 Розробка функціональної схеми ділянки виробництва преформ.....	36

					IA52.220БАК.005 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Пунда С. Ю.			Автоматизована система управління виробництвом ПЕТ тари			Літ.	Арк.	Акрушіє	
Перевір.		Долина В. Г.								8	64
Реценз.								НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» ФІОТ			
Н. Контр.											
Затверд.											



2.5 розробка функціональної схеми ділянки виробництва тари з преформ	38
Висновки до розділу 2 .....	40
3 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ВИКОРОСТАНОГО В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ПЕТ ТАРИ .....	42
3.1 Вибір датчика температури.....	42
3.2 Вибір датчика тиску .....	45
3.3 Вибір датчика рівня .....	49
3.4 Вибір датчика ваги .....	50
3.5 Вибір датчика швидкості.....	53
Висновки до розділу 3 .....	54
4 АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРІВ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ ПРЕДПЛАСТИКИТОРА.....	56
4.1 Аналіз та синтез регулятора для управління роботою нагрівача.....	56
4.2 Аналіз та синтез регулятора для управління шнеком .....	58
Висновки до розділу 4 .....	60
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	62

## ВСТУП

В сучасному світі вже нікого не здивуєш виглядом звичайної пластикової тари. ПЕТ тара вже давно увійшла і міцно завоювала своє місце у нашому житті. Важко уявити відсутність в будь-якому магазині напоїв в ПЕТ-пляшці.

Але насправді ПЕТ тара з'явилася не так давно. Вперше пластикову тару люди побачили на ринку Сполучених Штатів Америки в 1970 році.

ПЕТ-пляшки з'явилися завдяки використанню пластика відомого як поліетилентерефталат (ПЕТФ, ПЕТ), який іменований також поліефіром, лавсаном і т.д.

Аналізуючи ПЕТ-тару неодмінно можна виділити її легкість, міцність та прозорість, адже якщо порівнювати її з іншими видами упаковки, то за вищенаведеними ознаками поліетилентерефталатна тара є явним фаворитом. ПЕТ гранулят, який внаслідок нагрівання стає пластичним, дає змогу створювати новий дизайн пляшки, що є дуже важливою характеристикою для виробника різноманітних напоїв.

У сьогоденні видув ПЕТ-тари не є винятковим видом діяльності. Оскільки кожен охочий може розпочати власне виробництво поліетилентерефталатної тари, яке в майбутньому він зможе інтегрувати у автоматизовану лінію виробництва.

Світовим лідером виробництва ПЕТ є Китай. Він займає приблизно 70 % виробництва поліефірних волокон та нарощує свою присутність у виробництві харчового ПЕТ.

Розвиток ринку ПЕТ тари в Україні протягом 2017-2018 років визначався рядом тенденцій серед яких варто відзначити падіння імпорту поліетилентерефталатної тари. Причиною скорочення поставок стало нарощення виробничих можливостей українського ринку, які на даний момент забезпечують 80 % внутрішніх потреб.

					ІА52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Актуальність цієї теми** базується на тенденціях розвитку сучасного ринку у сфері ПЕТ виробництва.

**Головною метою курсового проекту** є підвищення якості виробництва ПЕТ тари.

**Завдання дослідження:** огляд та визначення недоліків та переваг існуючих етапів виробництва ПЕТ тари.

**Об'єктом дослідження** є автоматизована система управління виробництвом ПЕТ-тари.

**Предметом дослідження** є поліетилентерефталатна тара

**Методи дослідження:**

- використання системного підходу при виборі необхідних джерел;
- метод аналізу та порівнянь для аналізу існуючих проблем та розробки шляхів їх вирішення;
- метод формалізації для фіксування певних значень не використовуючи різне тлумачення.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Лінії виробництва ПЕТ тари існують, але містять певні недоліки, які потребують подальшого дослідження та вдосконалення.

**Практичне значення одержаних результатів.** Дослідження вже існуючих ліній виробництва дозволить виявити недоліки та внести поправки, що дозволить удосконалити роботу лінії по виготовленню поліетилентерефталатної тари.

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 СУЧАСНИЙ СТАН ЛІНІЙ ВИРОБНИЦТВА ПО ВИГОТОВЛЕННЮ ПЕТ- ТАРИ

З моменту появи на ринку комерційної поліетилентерефталатної тари пройшло вже більше сорока років. За цей час дешева і зручна ПЕТ-тара практично витіснила скло на лініях розливу мінеральної води, квасу, солодких безалкогольних напоїв, рослинної олії і більшої частини обсягів виробництва пива.

Технологія виробництва ПЕТ-тари відпрацьована до тонкощів, і дозволяє з високою швидкістю виготовляти ємності об'ємом від 0.01 до 30 літрів, змінювати колір і вдосконалювати дизайн [1].

## 1.1 Переваги ПЕТ тари

Переваги ПЕТ численні. Перерахуємо їх більшу частину:

- невисока вартість тари. ПЕТ-тара коштує значно дешевше, ніж пляшки і банки з інших матеріалів;
- стандартна півлітрова ПЕТ-пляшка буде важити приблизно 28 г, а звичайна скляна пляшка такого ж об'єму, важить близько 350 грам [2].
- різні варіанти місткості тари є ще однією перевагою ПЕТ-пляшок. Об'єм може бути як стандартним, так і індивідуально підібраним, щоб мати ще більшу привабливість і популярність у споживача;
- упаковка для продукції з ПЕТ має різноманітні колірні рішення. Наприклад, ПЕТ-пляшки можна забарвити в коричневий або зелений колір, щоб зовнішній вигляд тари по максимуму відповідав запиту споживача;
- у той же час ПЕТ-тара є прозорою. Така пляшка, виготовлена з поліетилентерефталату, виглядає привабливою і чистою, а природна прозорість даного матеріалу робить його оптимальним для розливу газованої води;

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використання пластикових ПЕТ-пляшок допомагає уникнути такого неприємного ефекту, як бій тари під час транспортування, що властиво скляній тарі;
- безпека і екологічність поліетилентерефталату — ще одні дуже привабливі характеристики даної тари, які заслуговують, щоб їх брали до уваги виробники товарів, прагнучи пропонувати клієнтам продукт, поміщений в якісну упаковку.

В цілому, на сьогоднішній день, ПЕТ тара з її величезним інноваційним потенціалом і серйозними можливостями в плані дизайну розглядається, в основному, не як конкурент склотарі, а скоріше в якості матеріалу, здатного відкрити абсолютно нові ринки і створити нові споживчі пріоритети.

## 1.2 Методи виготовлення ПЕТ тари

Завдяки наявності двох етапів виробництва а саме:

- виготовлення преформи;
- видув тари.

Постачальники обладнання для виробництва ПЕТ-тари отримали можливість комбінувати конфігурації технологічних ліній.

Відповідно, підприємство може використовувати:

- Однофазний процес. У даній конфігурації машина для лиття преформ і автомат видування включені в один виробничий ланцюжок. Для отримання готової тари необхідно лише завантажити ПЕТ-гранули до передпластикатора.
- Двофазний процес. В цьому випадку готова преформа після лиття відправляється на склад або вручну переміщається в приймальний бункер автомата видування. Таке рішення є більш гнучким, оскільки зберігати заготовку, що займає в 12-20 разів менше місця, ніж кінцевий продукт, набагато простіше і дешевше. Крім того, з однієї преформи можна отримати кілька різних виробів, а в однофазному

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процесі така зміна асортименту тягне повне пере налаштування всієї лінії.

### 1.3 Технологія виготовлення ПЕТ тари

Оскільки ПЕТ-гранули активно поглинають водяну пару з повітря, перед подачею до передпластикатора їх необхідно просушити у спеціальних бункерах. Якщо сировина осушена погано, то заготовки для пляшок виходять каламутними або жовтуватими, у зв'язку з чим в них можуть утворитися порожнечі та бульбашки. Така тара під час видуву може деформуватися.

Після сушіння до грануляту досипають барвник, який також використовується при виробництві скляних пляшок. Якщо до розпавленої сировини додати з'єднання кобальту то на виході виробництва тара буде синього кольору також, можливе додавання хрому, його використовують для надання пляшці зеленого відтінку.

Фарбують ПЕТ-пляшки, як власне і скляні зовсім не для краси, адже кілограм високоякісного барвника для гранулята може коштувати стільки ж, скільки тонна самого грануляту. Без барвника будь пляшки пропускають ультрафіолетові (УФ) промені, які погано позначаються на споживчій властивості напою. Колір барвника зазвичай значення не має, але історично склалося так, що класичний колір пивних ПЕТ-пляшок - коричневий або зелений. У пляшки жовтого, червоного та інших кольорів розливають лимонад та інші напої.

Крім УФ-променів ПЕТ-пляшки пропускають всередину ще й кисень, а назовні - вуглекислий газ. Тому для поліпшення властивостей ПЕТ-тари використовують не тільки її фарбування. Наприклад на заводі «Балтика» для цього застосовують бар'єрні добавки. При цьому добавки, як і сам ПЕТ, не токсичні і не вступають у взаємодію з продуктом. Тому вони повсюдно дозволені до використання в харчовій промисловості. У розплав грануляту перед литтям преформ вводять спеціальну суміш з додаванням нейлону і ще

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одного полімеру - амосорбом. Звичайно, преформа через це стає мутнуватою (бо в природі властивості нейлону і ПЕТ не сумісні), але для кольорової пляшки це не страшно. Зате рідина в такій тарі зберігається в чотири рази краще, оскільки нейлон утримує CO<sub>2</sub> і не дає проникати УФ-променям, а амосорб поглинає кисень.

Іноді для цих цілей використовують ще технологію виробництва багатошарових пляшок, які схожі на листкові пироги [3] через те, що між зовнішнім і внутрішнім шарами ПЕТу знаходяться ще 1-3 шари бар'єрних матеріалів.

Ллють преформи в спеціальних ливарних машинах — термопластавтоматах. Розплавлену суміш грануляту під тиском впирскують в охолоджену форму. При цьому на виході температура готової преформи не повинна перевищувати 50-55 ° С, інакше під час зберігання її легко можна деформувати.

Обсяг майбутньої пляшки безпосередньо залежить від ваги преформи. З одних преформ виходять пляшки, об'ємом виключно 0,5 л, з інших - 1,5 л.

### 1.3.1 Класифікація ПЕТ преформ

Класифікувати преформи можливо за кількома ознаками, а саме:

- сфера споживання;
- об'єм тари;
- тип горлечка преформи.

Якщо класифікація преформи відбувається за сферою споживання, то потрібно відштовхуватися від того, чим безпосередньо буде наповнена тара. Це можуть бути:

- кисломолочні продукти - 12 %;
- алкогольні напої - 10 %;
- слабоалкогольні напої - 7%;

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

- рослинна олія - 7%;
- соки - 14%;
- мінеральна та питна негазована вода - 28%;
- безалкогольні газовані напої - 22%.

Класифікація за сферою споживання обумовлена тим, що у кожного продукту є свої умови для зберігання, дотримання яких є обов'язковим. Ці умови накладаються і на тару в якій вони зберігаються.

У випадку коли преформа класифікується за об'ємом майбутньої тари, то необхідно враховувати те, що існує пряма залежність між вагою преформи та об'ємом тари яка буде з неї видута. Існують певні стандарти які наведені в таблиці 1.1 - Співвідношення між масою преформи і ємністю готової тари, яка відображає взаємозв'язок між вагою преформи та ємністю тари

Таблиця 1.1 — Співвідношення між масою преформи і ємністю готової тари [3].

Маса перформи	Ємність пляшки, л
20	0,33
23	0,5
26	0,7
38-39	1
42 - 44	1,5
48	2
87	3 - 5
710 - 770	19

### 1.3.2 Конструкція преформи

За своєю конфігурацією преформи діляться на три групи:

- універсальні;



— товстостінні;

— укорочені;

Універсальні преформи користуються великою популярністю і найбільш поширені серед постачальників і продавців розливних напоїв. Вони відрізняються тим, що поверхня пляшки на виході буде рівної і витягнутою, як правило без додаткових розширень та емблем.

Товстостінні преформи в порівнянні з універсальними менш популярні, у зв'язку з тим, що при виготовленні товстостінної преформи продуктивність машини значно зменшується. Так як така преформа має більш товсті стінки. Це дає змогу зберігати в майбутній тарі кислоти та інші небезпечні речовини.

Укорочені заготовки для видування пластикових пляшок користуються найменшим попитом серед виробників, так як продуктивність машини знижується на 50%, до того ж, їх виробництво вимагає використання потужного компресора. Однак існує явна перевага в транспортуванні, оскільки в стандартний ящик такої тари поміщається на 45% більше.

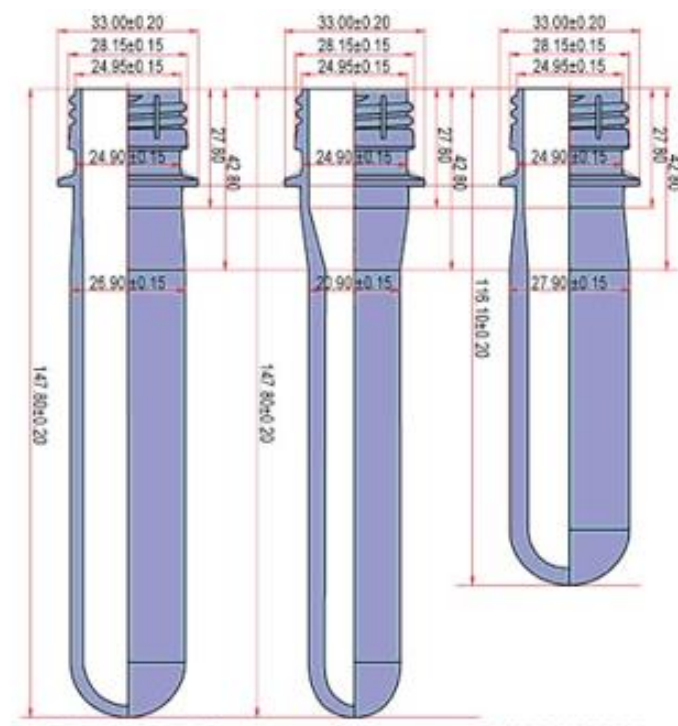


Рисунок 1.1 — Конфігурації заготовок [3].

Останнім методом класифікації заготовок являється класифікація за конфігурацією горла преформи.

На сьогоднішній день розрізняють декілька стандартів:

— BPF/PCO - це два стандарти, які призначенні для різних напоїв, таких як мінеральна і газована вода, пиво.

Стандарт BPF більше поширений в північній і східній частинах Європи, а також в країнах колишнього СРСР. Стандарт – PCO створений в США, але останнім часом заповнює ринок країн Європи та колишнього СРСР. Його перевага перед BPF полягає у більш легкій вазі. Важливою властивістю обох стандартів є здатність утримувати гази, тому в таких пляшках зберігаються різні газовані напої [3].

На рисунку 1.2 зображено стандарти горлечка BPF/PCO

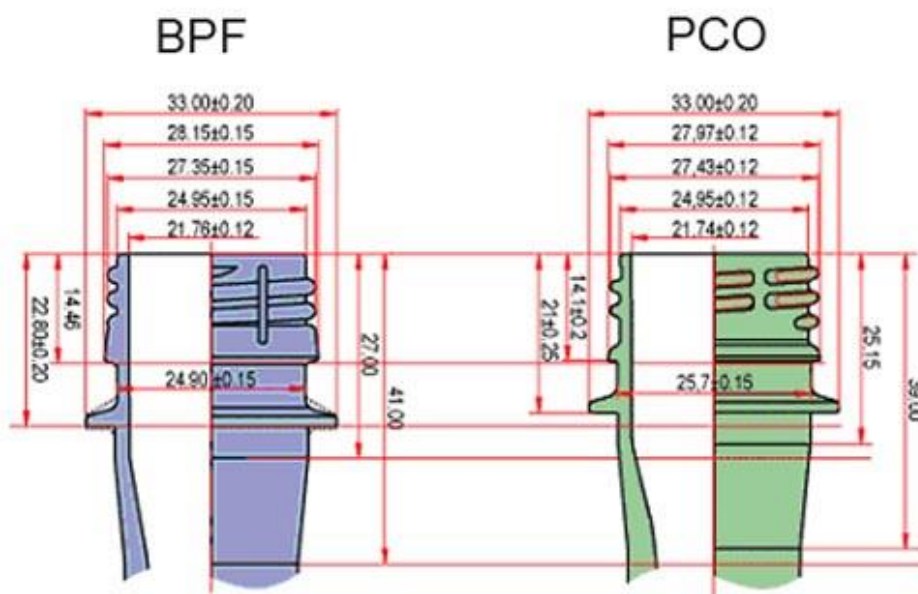


Рисунок 1.2 — BPF/PCO стандарти [3]

— Vericar - стандарт отримав свою назву від однойменної компанії, яка запатентувала даний дизайн. ПЕТ-пляшки даного стандарту використовуються, в основному, в харчовому виробництві. Наприклад: стандарт Vericar 38 отримав велике поширення в нашій країні для розливу молока і молочних продуктів і соків.

- Oil - стандарт, відповідний пляшках, в які розливається соняшникову олію, або інше рослинне масло.
- «38» - пляшки цього стандарту використовуються, як правило, під молочну продукцію та соки.



Рисунок 1.3 — Bericap/Oil/38 стандарти [3]

У боротьбі за економію основна увага виробників преформ приділяється скороченню ваги преформи, а саме різьбової частини. Тому, на ринку з'явилися полегшені преформи з укороченим різьбленням PCO 1810 і PCO 1881.

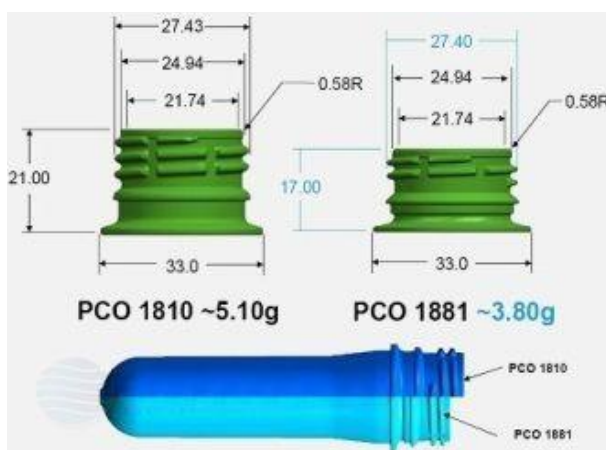


Рисунок — 1.4 стандарти різьблення PCO 1810 і PCO 1881 [4]

### 1.3.3 Процес виробництва готової тари з преформ

Алгоритм по видуву ПЕТ-пляшки з готової преформи нараховує три етапи:

#### 1) Перевірка преформ.

Кожна преформа перед тим, як потрапити до нагрівача повинна пройти візуальну перевірку за допомогою оптичного відбраковувача. Якщо заготовка має неправильну форму або пошкоджене горлечко, вона автоматично усувається з виробництва.

#### 2) Розігрівання заготовки.

Після візуальної перевірки преформи за допомогою транспортера подаються до печі нагрівання, де вони досягають необхідної для видуву температури, приблизно . До складу печі входять спеціальні інфрачервоні нагрівні елементи, які оснащені пластинами, що забезпечують частинне нагрівання преформи. Дана функція є обов'язковою, оскільки дизайн та ємність видutoї тари напряму впливає на температуру окремих ділянок заготовки. Кількість інфрачервоних нагрівачів залежить від конфігурації печі. В середньому на одну піч припадає до 10 нагрівних елементів, кожен з яких нагрівається до окремо заданої температури. Контролювати процес нагрівання преформи можна завдяки датчикам температури, які розташовані у печі. Також необхідно враховувати, що нагрівати горлечко ні в якому разі не можна, адже це призведе до деформації тари при її видуві. Тому використовують охолоджувальні засоби, які нівелюють роботу нагрівача на цій ділянці. Час, за який заготовка пройде процес нагрівання, залежить від кількості прес-форм та ємності майбутньої тари. Даний процес регулювання забезпечує безперервність виробництва, оскільки машина, яка займається видувом тари, може не встигати обробляти всі розігріті преформи. У зв'язку з тим, що ПЕТ матеріал має низьку теплопровідність, існує необхідність в охолодженні зовнішньої поверхні заготовки під час її проходження між нагрівальними

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

елементами, адже в результаті перенагрівання буде відбуватись кристалізація стінок заготовки.

### 3) Видув тари.

Процес видуву тари відбувається в середні пресформи, до якої подається заготовка після нагрівання. Спочатку преформа витягується вниз, завдяки металевому стержню, що вставляється в середину. Коли він досягає дна прес-форми, тара миттєво розширюється завдяки поданого до неї тиску. Величина тиску при видуві тари досягає 40 бар.

### 4) Охолодження.

Практично повністю автоматизований процес виробництва від сучасної ПЕТ-тари неможливий без ефективного охолодження. Процес виготовлення пластикових пляшок передбачає швидке охолодження заготовок безпосередньо після виведення до кінцевої форми, при цьому необхідно нерівномірно розподілити потоки холодного повітря а також води. Найкраще охолодження слід направити на дно тари, адже, як тільки тара досягає стінок прес-форми — вона моментально застигає. Це пов'язано з різким перепадом температур, оскільки стінки прес-форми постійно охолоджуються.

## 1.4 Контроль якості виробництва ПЕТ тари

Кожна одиниця споживчої ПЕТ тари, яка залишає підприємство, повинна по можливості наблизитися до ідеальної якості. У покупця має зберегтися бажання купити продукт знову. Цьому сприяє його постійна впевненість у високій якості придбаної продукції. Пляшка з поліетилентерефталату (ПЕТ), як пакувальний матеріал, багато в чому визначає якість газованих напоїв. Якщо напій має сторонні запах і смак, слабку ступінь насичення двоокисом вуглецю, то однією з причин може бути погана якість ПЕТ-пляшки.

Контроль над виробництвом ПЕТ-пляшок - багатоетапний і планомірний процес. Якість пляшки залежить від якості смоли, температури

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

видування, а також від фізичних факторів: розподілу матеріалу в заготівлі, ваги і конструкції ПЕТ-пляшки. На більшості підприємств пляшку виробляють з преформ, і в першу чергу саме якість преформи впливає на якість пляшки. З цієї причини необхідно на стадії приймання преформ виявити можливі дефекти, а крім того, строго дотримуватися термінів зберігання, які не перевищують 9 місяців.

На сьогоднішній день немає єдиного нормативного документа з контролю якості ПЕТ преформ та ПЕТ пляшок, тому потрібно спиратися на рекомендації провідних виробників устаткування по їх виробництву.

Дефекти преформи можна розділити на три категорії:

— критичні дефекти;

вони знижують безпеку роботи в процесі виробництва, або якість напою.

До них відносяться: тріщини в стінках преформи, викликані вологою або конденсацією в преформі, вм'ятини в плоскій верхній частині заготовки, або вм'ятини, які проходять через всю верхню частину герметичної поверхні, чи зменшують цю частину до 0,5 мм і менше. При вибірковому контролі перераховані дефекти не повинні зустрічатись частіше, ніж 3 бракованих преформи на 5000.

— Великі дефекти;

дефекти, які можуть завдати шкоди обладнанню в процесі видування або розливу, а також знижують продуктивність лінії. До них відносяться: бульбашки в порожнині стінок преформи, розмір яких перевищує 0,75 мм і більше, склеєні між собою преформи та деформоване опорне кільце горловини, адже його помітне пошкодження або вигин заважає нормальному поводженню з преформою в операціях формування. Сторонні речовини або домішки на внутрішній або зовнішній поверхні преформи (бруд, мастило, масло), згоріла кристалічна пластмаса на корпусі, щільні кристалічні прожилки в корпусі, також відносяться до групи великих дефектів. При вибірковому контролі перераховані дефекти не повинні зустрічатись частіше, ніж 5 бракованих преформ на 1000 одиниць продукту.

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

— Дрібні дефекти.

Дефекти косметичного характеру, які не впливають на можливість використання пляшок у виробництві. Для вибракування пляшки достатньо виявлення наступних дрібних дефектів: тонкі нитки пластмаси, що тягнуться від литника та перевищують по довжині 10 см. Наявність стороннього матеріалу в стінці преформи.

Перед роздуванням преформи повинні зберігатися в теплому сухому приміщенні протягом мінімум 24 годин (переважно в залі роздування). Така витримка забезпечує рівномірну температуру заготовки перед подачею їх в піч. Інтенсивність нагріву в зонах печі необхідно регулювати, щоб полегшити розподіл матеріалу.

Після видування готову пляшку оцінюють за такими показниками:

— зовнішній вигляд;

візуально ПЕТ пляшка повинна поступатися пляшці зі скла. Колір, прозорість, однорідність поверхні, оздоблення повинні відповідати всім вимогам, у тому числі естетичним. Органолептична оцінка напою, що розливається в ПЕТ-тару, не повинна виявити ніякої різниці при порівнянні з тим же напоєм зі скляної тари.

— По фізичних характеристиках;

Припустимі наступні значення:

— вага: +/- 0,5% від заданої ваги,

— перпендикулярність: <1,0% номінальної висоти,

— висота: +/- 5% зазначеного розміру,

— діаметр: +/- 0,5% зазначеного розміру,

— «товщина стінок: 0,25 мм загальна, 0,3 мм в місцях можливих спіралеподібних дефектів,

— ємність: +/- 0,5% для пляшок більше 1,0 літра і +/- 1,0% менше 1,0 літра,

— міцність на розрив під дією внутрішнього тиску: відсутність розривів при тиску 12,5 кг / см протягом 30 секунд,

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

— стійкість до розтріскування під вертикальним навантаженням 30 кг [6].

На рисунках наведених нижче показано основні дефекти пляшок.



Рисунок 1.5 –неправильний видув тари

Даний дефект може бути зумовлений нерівномірним нагріванням преформи.



Рисунок 1.6 – дефект під назвою «Збурення»

Дефекти такого плану є наслідком занадто високої температури в пресформі.





Рисунок 1.7 – «Пляшка каламутна»

Тара такого типу може виготовлятися, якщо температура преформи недостатня для видува тари.



Рисунок 1.8 – Викривлення шийки

Необхідно переконатися, що обрана ПЕТ-упаковка забезпечує підтримку необхідного рівня діоксиду вуглецю протягом терміну придатності. Для цього проводять планове кількісне визначення діоксиду вуглецю в пляшках з напоєм через такі інтервали часу: 48 годин, 2, 4, 8 і 12 тижнів. Після 12 тижнів зберігання напій не повинен втратити більше 15% початкового рівня газування [6].

					ІА52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

## 1.5 Обладнання для виготовлення ПЕТ тари

У зв'язку з тим, що існує два методи виготовлення ПЕТ тари, обладнання пропонується як в напівавтоматичній, так і в автоматичній конфігурації.

У першому варіанті подача заготовок в робочу зону і вивантаження готових виробів здійснюється вручну, а в другому ці функції виконують транспортери або спеціалізовані конвеєри. Автоматизація процесів доцільна при інтеграції обладнання для виробництва пластикових пляшок в лінії розливу готової продукції: таким чином, вплив людський фактор повністю виключається.

Перелік необхідних для виготовлення пластикових пляшок верстатів і пристосувань в цьому випадку може виглядати наступним чином:

— прес-форми

Прес-форми являють собою виготовлені з нержавіючої сталі складові матриці, внутрішня поверхня яких повторює форму і розміри готового виробу. Для кожного виду і обсягу пляшки застосовується окрема модель. Відповідно, підприємство, що випускає широкий асортимент продукції, використовує в технологічному процесі кілька десятків різних прес-форм;



Рисунок 1.9 — Прес-форма [7]

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

— повітряний компресор

Застосовується для подачі повітря під тиском в верстат для виробництва пластикових пляшок. Типова модель потужністю 12,5 кВт створює тиск в 16-25 атмосфер і здатна видавати до 500 літрів повітря на хвилину.



Рисунок 1.10 — Повітряний компресор К-22 [8]

— напівавтомат для видування

Виробляє з розігрітих заготовок готові вироби шляхом видування в прес-формах і подальшого охолодження. До його функцій відноситься:

- перешкоджання попаданню масла з повітря в виріб;
- при видуві охолоджувати горлечко з різьбленням, перешкоджаючи появі деформації;
- водяне охолодження прес-форми;
- очищення повітря фільтрами, перешкоджаючи появі запаху у готової продукції.

Продуктивність обладнання для виготовлення пластикових пляшок в напівавтоматичному режимі - від 1000 виробів за годину при ємності пляшок від 0,2 до 5 л.

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21



Рисунок 1.11 — Напівавтомат для видування ПВ1-1000У [9]

— піч для розігрівання преформ;

Використовується для нагрівання заготовок до температури, при якій відбувається розм'якшення пластику. Нагрівальними елементами служать ніхромові спіралі, поміщені в трубки з кварцу. Обов'язковими для печі опціями є обертання преформ і наявність зонного розігріву, що дозволяє отримувати різні температури по довжині заготовки.



Рисунок 1.12 — Піч для розігрівання преформ ПРТ4-1800 [10]

— охолоджувач води замкнутого водопостачання.

Конструктивно являє собою агрегат, що охолоджує до 5-15 ° С воду, що використовується для контролю температури прес-форм і готових виробів. Енергоспоживання - від 2,3 кВт.



Рисунок 1.13 — Охолоджувач води замкнутого водопостачання ВТХО-6  
[11]

#### 1.6 Аналіз існуючих рішень

На сьогоднішній день існує багато обладнання для виробництва ПЕТ тари. Серед існуючих виробників можна виділити компанію Pet Technologies, яка надає комплексні рішення для виробників ПЕТ тари:

- автомати для видуву ПЕТ-тари;
- універсальний напівавтомат для видуву ПЕТ-тари;
- подавач преформ.



Рисунок 1.14 – APF-Max 8 [12]

APF-Max 8 – це автомат для видуву ПЕТ-тари об'ємом до двох літрів з продуктивністю до 14000 тисяч пляшок за годину. Також даний автомат надає можливість видуву широкого спектра преформ з різним діаметром. Технічні характеристики наведенні у таблиці 1.2

таблиця 1.2 — Технічні характеристики APF-Max 8 [12]

Технічні дані	APF-Max 8
Продуктивність	До 14000 пл/год
Об'єм пляшки	0,2 – 2,0 л
Тиск повітря для пневмоциліндрів	8-10 бар
Тиск повітря для видуву	До 40 бар
Температура рідини для охолодження	7-9 °С
Потужність	140 кВт
Габарити	9520 x 3300 x 3200 мм
Вага	10000 кг



Рисунок 1.15 – АПФ-30 [12]

АПФ-30 – це автомат для видуву ПЕТ-тари об’ємом до тридцяти п’яти літрів з продуктивністю до 250 пляшок за годину. Також даний автомат надає можливість інтенсивний прогрів товстостінних преформ з різним діаметром. Технічні характеристики наведені у таблиці 1.3

таблиця 1.3 — Технічні характеристики АПФ-30 [12]

Технічні дані	АПФ-30
Продуктивність	До 250 пл/год
Об’єм пляшки	15,0– 35,0 л
Тиск повітря для пневмоциліндрів	8-10 бар
Тиск повітря для видуву	До 40 бар
Температура рідини для охолодження	7-9 °С
Потужність	87 кВт
Габарити	6700 x 2400 x 3100 мм
Вага	6050 кг



Рисунок 1.16 – УПФ-5 [12]

УПФ-5 – це універсальний напівавтомат для видуву ПЕТ-тари. Дане обладнання є оптимальним рішенням для запуску бізнесу з невеликими капіталовкладеннями. Технічні характеристики наведенні у таблиці 1.3

Таблиця 1.4 — Технічні характеристики УПФ-5 [12]

Технічні дані	УПФ 5
Продуктивність	600-800 пл/год при об'ємі 0,2-0,3л
Об'єм пляшки	0,2 – 6,0 л
Тиск повітря для пневмоциліндрів	10 бар
Тиск повітря для видуву	До 25 бар
Температура охолоджувальної рідини	7-9 °С
Потужність	7,5 кВт
Габарити	1600 x 600 x 2200 мм 1200 x 600 x 1100 мм
Вага	10000 кг





Рисунок 1.17 – ОКП-400 [12]

ОКП-400 – це машина яка призначена для подачі преформи із короба в бункер орієнтатора видувної машини, шляхом піднімання короба з його частковим переворотом. Технічні характеристики наведені у таблиці 1.4

Таблиця 1.5 — Технічні характеристики ОКП-400 [12]

Технічні дані	ОКП-400
Вантажопідйомність	500 кг
Потужність	1,1 кВт
Габарити	2320 x 2008 x 2307 мм
Вага	- 10000 кг
Напруга	220В/50Гц
Максимальна висота краю бункера видувної машини від підлоги	1340 мм



Рисунок 1.18 – Компресор GENESIS [13]

Компресор GENESIS являє собою повністю готову до експлуатації компресорну станцію за рахунок наявності наступних елементів:

- осушувача, який дозволяє отримати сухе повітря;
- трьох фільтрів, які видаляють тверді частинки і домішки масла;
- ресивера, який накопичує стиснене повітря;
- мікропроцесорного блоку управління MC2, що забезпечує управління і контроль всіх компонентів компресорної станції в режимі реального часу;
- електрощита управління, що дає можливість безпечно здійснювати всі електропідключення і експлуатацію;
- віброізоляційного, звукопоглинаючого корпусу, що забезпечує доступ до всіх внутрішніх частин компресора.

Технічні характеристики наведені у таблиці 1.5 - Технічні характеристики компресора GENESIS

Таблиця 1.6 - Технічні характеристики компресора GENESIS [13]

Об'єм ресиверу	500
Потужність, л/м	2500
Робочий тиск, бар	10
Потужність двигуна, кВт	18,5
Потужність двигуна, л.с.	25
Напруга, В	380
Частота, Гц.	50
Число фаз	3
Робочий тиск, PSI	145
Рівень шуму, db	66
Довжина, мм	1960
Ширина, мм	710
Висота, мм	1800
Вага, кг	720

## Висновки до розділу 1

В даному розділі було розглянуто методи та технології виробництва ПЕТ тари. Було досліджено, як відбувається контроль якості продукції та які показники є допустимими для того, щоб тара була придатна для використання. Був проведений аналіз існуючих рішень та розглядалися різні підходи до виробництва, від автоматичного обладнання, яке є доцільним при інтеграції обладнання для виробництва ПЕТ пляшок, в лінії розливу готової продукції, закінчуючи напіваавтоматичним обладнанням в якому присутній людський фактор. Також було розглянуто за якими принципами відбувається класифікація преформ, та стандарти які використовують на сьогоднішній день.

## 2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ЇЇ КОМПОНЕНТІВ

При розробці автоматизованої системи управління виробництвом ПЕТ-тари спочатку необхідно розробити структурну схему виробництва за допомоги якої можна зрозуміти на які ділянки виробництва можна поділити нашу систему та, як буде відбуватися керування цими ділянками

Також неодмінно потрібно розробляти функціональну схему, адже вона роз'яснює певні процеси, що протікають в окремих функціональних колах виробництва або у виробі в цілому. Цими схемами користуються для вивчення принципів роботи виробу, а також при їх наладці, контролі, ремонті.

### 2.1 Розробка структурної схеми системи управління технологічним процесом виробництва ПЕТ тари

Процес виготовлення ПЕТ тари складається з декількох ділянок виробництва:

- ділянка зберігання і підготовки сировини;
- ділянка виробництва преформ;
- ділянка виготовлення тари із готових преформ;
- ділянка зберігання готової продукції;
- компресорна установка;
- охолоджувальна установка.

Зберігання та підготовка ПЕТ сировини є важливим етапом виробництва. Оскільки ПЕТ гранули можуть бути пошкоджені на етапі збереження, що вплине на якість самої тари, тому місце в якому буде зберігатися сировина повинно відповідати декільком вимогам:

- необхідно виключити пряме попадання сонячних променів;
- гранична допустима температура зберігання – не більше 25 °С;

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

— максимальна допустима вологість повітря – не більше 80%.

До складу першої ділянки відносяться баки а також мішки з сировиною.

Друга ділянка відповідає за виготовлення преформ включає в себе:

- вагову станцію;
- предпластикатор;
- поршневий пластикатор;
- інжекційну форму;
- накопичувач готових преформ.

Третя ділянка відповідає за виготовлення тари з готових преформ, до її складу відносяться:

- транспортувальник преформ;
- оптичний відбракувальник преформ;
- інфрачервоний підігрівач для преформ;
- прес-форма для видуву тари;
- накопичувач готових пляшок.

Четверта ділянка для зберігання готової продукції складається з контейнерів та спеціальних боксів. Компресорна та охолоджувальна установки також відносяться до окремих ділянок виробництва, адже вони відіграють важливу роль у виробництві ПЕТ тари.

У зв'язку з тим, що система управління виробництвом ПЕТ тари складається з шістьох ділянок виробництва, доцільніше буде розробити одну систему управління, з одним основним пультом керування, який дасть можливість контролювати роботу всього технологічного процесу. Також, очевидно, що використання єдиного пульта для всіх ділянок виробництва, з економічної точки зору набагато вигідніше, ніж використання окремого пульта для керування окремими ділянками. Але для уникнення втрат якості сигналу та більшої швидкості зчитування даних з об'єктів управління доцільніше використовувати засоби управління, які будуть розташовані безпосередньо на керованих ділянках виробництва.

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Зважаючи на можливості сучасної комп'ютерної техніки доречно використовувати високопродуктивний ПЕОМ з відповідним програмним забезпеченням, як пульт основного керування.

Передача даних між головним пультом керування та допоміжними засобами управління буде відбуватися по шині. Шинна топологія дозволить розширювати систему управління виробництвом ПЕТ тари додатковими складовими системи без пере налаштування вже встановленого обладнання.

Структурна схема автоматизованої системи управління виробництвом ПЕТ тари представлена в документі ІА52.220БАК.005 Є2.1.

Після розробки загальної структурної схеми, слід розробити структурні схеми технологічного процесу на ділянках виробництва преформ та виготовлення готової тари із преформ, оскільки це є два ключових етапи виробництва.

## 2.2 Розробка структурної схеми ділянки виробництва преформ

Розглядаючи технологічний процес виготовлення преформ в першу чергу потрібно розуміти, який тип преформи потрібно отримати на виході, адже об'єм майбутньої тари напряму залежить від ваги преформи. Для того, щоб всі преформи мали однакову вагу, застосовується вагова станція, яка призначена для автоматичного відмірювання заданої маси або об'єму твердих сипучих матеріалів, паст, рідин. Дозатор за характером протікання процесу може бути, як дозатором безперервної дії, так і порційним дозатором. Для виробництва виготовлення ПЕТ тари підходить варіант порційного дозатора, який забезпечує періодичну подачу дозованого матеріалу в вантажо-приймальній бункер. Обладнання такого типу неодмінно потрібно контролювати, адже у випадку коли нам необхідно змінити вагу преформи, потрібно пере налаштувати вхідні параметри системи.

До задач передпластикатора входить завантаження сировини до шнеку з завантажувального бункеру, та його транспортування до поршневого

					ІА52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пластикатора. При цьому повинен відбуватися процес нагрівання і перехід полімеру до вязкотекучого стану. На даному технологічному етапі необхідно вимірювати температуру сировини яка знаходиться в предпластикаторі та швидкість обертання шнека.

Після надходження до поршневого пластикатора необхідного для виготовлення преформи розігрітого ПЕТ гранулянта, відбувається вприскування сировини до інжекційної форми. Для ефективної роботи поршня необхідно вимірювати тиск який подається на поршень, адже сировина в інжекційній формі повинна бути розподілена рівномірно по всій її поверхні. Також необхідно вимірювати в циліндрі, так як вона повинна бути такою ж самою, як і в предпластикаторі.

В інжекційній формі полімер протягом деякого часу витримується під тиском. Згодом проходить процес охолодження, після чого витягується готовий виріб. На даній ділянці виробництва також необхідно вимірювати температуру, оскільки потрібно розуміти коли заготовка буде готова та коли її можна буде передати до накопичувача готових преформ.

Після того як преформа повністю готова, вона зберігається в спеціальній тарі до моменту поки вона не буде використовуватися в подальшому видуву тари.

Структурна схема автоматизованої системи управління ділянкою виробництва преформ зображена в документі IA52.220БАК.005 Э2.2.

### 2.3 Розробка структурної схеми ділянки виробництва тари з преформ

Ділянка виробництва тари з преформ розпочинає свою роботу з подавача заготовок. Головна задача подавача полягає в подачі преформ до транспортера у вертикальному положенні. Але перед передаванням заготовок необхідно перевірити їх на брак. Для цього використовується оптичний відбраковувач преформ.

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Він складається з фотоприймача який передає інформацію про стан преформи і в разі браку, заготовка не фіксується на транспортері, а передається до накопичувача бракованих преформ. На даному етапі необхідно вимірювати рівень заповнення тари в якій зберігаються браковані преформи, щоб уникнути переповнення накопичувача, а також зчитувати інформацію з фотоприймача.

Після того, як преформа пройшла оптичну перевірку вона фіксується на транспортері пневмоприводом та доставляється до інфрачервоного підігрівача преформ. Підігрівач повинен бути оснащений додатковими датчиком температури, який дозволить підтримувати температуру в печі на одному рівні.

Наступним етапом виробництва, після підігрівання преформ є безпосередньо видув тари. До цього технологічно процесу відносяться:

- прес-форма;
- датчик температури;
- пневмоциліндр;
- охолоджувальна система.

Процес видуву тари починається з доставки заготовки до прес-форми, форма якої є відображенням того, якою тара буде на виході виробництва. Потім всі частини прес-форми щільно скріплюються між собою. Процес видуву тари відбувається завдяки пневмоциліндру, який стрімко видуває зжате повітря до преформи завдяки чому, заготовка набуває потрібної форми. Після видуву проходить процес охолодження тари, у зв'язку з цим, потрібно постійно вимірювати температуру в прес-формі за допомогою датчика, для щоб розуміти коли пляшка буде видута та готова для подальшого транспортування.

Готові пляшки передаються до накопичувача готової тари, де зберігаються до тих пір поки накопичувач не буде повністю заповнений. Для того, щоб накопичувач ніколи не був переповнений, потрібно слідкувати за рівнем його заповнення, за допомогою датчику рівня.

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Структурна схема автоматизованої системи управління ділянкою виготовлення тари із преформ представлена в документі ІА52.220БАК.005 Э2.3.

## 2.4 Розробка функціональної схеми ділянки виробництва преформ

Технологічна ділянка виробництва преформ налічує у своїй конфігурації наступне обладнання:

- датчики;
- вагова станція;
- виконавче обладнання

Керування даним устаткуванням відбувається завдяки контурам управління. До них відноситься контур керування рівнем сировини в бункерах та контур керування вагою цієї сировини, яка подається на бункер зважування. Управління температурою і тиском теж відбувається по відповідним контурам управління.

Так як датчики самі по собі лише зчитують інформацію про процеси, які відбуваються в системі, необхідно мати обладнання, яке буде зчитувати з них інформацію та передавати на блок управління для того, щоб він міг її обробити та передати команди на пристрої виконання. Дану функцію виконують спеціальні модулі підключення датчиків. Вони зчитують показники датчика та конвертують їх в цифровий сигнал та передають дані до блоку управління, який також спочатку приймає данні до спеціального модуля, який вирішує, які зміни потрібно вести для урегулювання даної системи. Після обрахування керуючого впливу цифровий сигнал передається до модулів підключення виконавчих механізмів, які в свою роль виконують інструкції отримані від блоку управління.

Тепер розглянемо безпосередньо повний цикл виробництва ПЕТ преформ. Починається технологічний процес з завантаження до бункеру необхідної сировини. Для того, щоб не виникло проблеми переповнення

					ІА52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

бункерів, або нестачі сировини в них, необхідно використовувати датчики рівня. Датчик рівня буде контролювати рівень гранулянта в бункера і залежності від його кількості система буде збільшувати чи припиняти подачу гранулянта.

Наступний етап виробництва – це зважування гранулянта, оскільки до предпластикатора потрібно постійно постачати однакову кількість гранулянту. Необхідно використовувати ваговий датчик на основі тензорезистрів. Даний датчик буде зчитувати вагу сировини яка надходить до бункера зважування, а також забезпечить виготовлення преформ одного розміру.

Після того, як порція гранулянту виміряна, відкривається шиберна заслінка та відбувається подача сировини до предпластикатора. Предпластикатор в свою чергу оснащений нагрівним елементом, який доводить сировину до вязкотягучого стану, та пневмоприводом, що забезпечить контроль швидкості шнекового циліндру. Для того щоб контролювати нагрівний елемент, в предпластикаторі встановлено датчик температури, який буде передавати інформацію через модуль підключення датчика до блоку управління. Він буде враховувати керуючий вплив для нагрівного елемента.

Як тільки сировина стає готова до лиття преформ предпластикатор подає її до поршневого пластикатора, головна мета якого підтримувати температуру сировини та під тиском вприскувати її до інжекційної форми. Підтримка температури досягається за рахунок підігрівача, та датчика температури за допомогою якого можна контролювати роботу нагрівного елемента. Етап вприскування сировини можливий за рахунок компресора, який накачує повітря створюючи тиск на поршень. Система поршневого пластикатора передбачає наявність клапанів, за допомогою яких тиск накопичується у спеціальних резервуарах. Це робиться для того, щоб збільшити тиск, що подається на поршень. Контролює роботу даного клапану датчик тиску, який при передає на блок управління інформацію про те з якою силою повітря тисне на клапан.

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коли сировина вприскується до інжекційної форми, вона певний час витримується під тиском. Після даного етапу відбувається процес охолодження преформи за допомогою холодної води. Контролювати процес подачі рідини до інжекційної форми можна за рахунок клапану. Подача води відбувається до тих пір, поки преформа не буде готова до вивантаження з форми. Контролювання процесу охолодження відбувається за рахунок датчика температури, що вимірює температуру в інжекційній формі.

Наступним етапом виробництва є подача готових заготовок з інжекційної форми до накопичувача. Для того, щоб накопичувач готових преформ не переповнювався використовується датчик рівня, який дозволяє контролювати процес заповнення накопичувача.

Зв'язок між виконавчими пристроями та датчиками з блоком управління буде відбуватися за допомогою цифрового сигналу. Тому до складу блоку управління будуть входити пристрої, які будуть зчитувати сигнали з модулів датчиків та модулів пристроїв виконання та конвертувати їх до рівня сигналу інтерфейсу RS-485.

Переналаштування налаштування датчиків буде доступне завдяки клавіатурі, яка входить до складу блоку управління. Спостерігати за тим як виконуються команди можна буде з рідкокристалічного дисплею, який також є частиною блоку управління.

Функціональна схема автоматизованої системи управління ділянкою виготовлення преформ представлена в документі ІА52.220БАК.005 Э2.4.

## 2.5 розробка функціональної схеми ділянки виробництва тари з преформ

Ділянка виробництва тари з преформ складається з наступного обладнання: блок управління, датчики, виконавчі пристрої та фотоприймач. Безумовно кожен з цих приладів підключається до спеціального модулю управління, що надає можливість перетворювати сигнал з датчиків, які зчитують необхідні для виробництва параметри. Наприклад: температура,

					ІА52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тиск, рівень наповненості тари в якій можуть зберігатися, як забраковані преформи так і готова продукція, до сигналу який буде зчитувати блок управління.

Першим етапом технологічного процесу виробництва тари з преформ є подача готових преформ з накопичувача до передавального пристрою, який фіксує заготовки в вертикальному положенні та завдяки пневмоприводу передає їх до транспортера.

До фіксування преформи в транспортері завдяки пневмозахвату, заготовка проходить скрізь фотоприймач, який візуально сканує преформу. У випадку коли заготовка бракована, вона надходить до накопичувача для бракованих заготовок. В накопичувачі міститься датчик рівня, який подає сигнали оператору про те що тара вже заповнена.

Якщо преформа пройшла ділянку оптичного відбраковувача, вона надходить до транспортера. Транспортер в свою чергу фіксує заготовку за допомогою пневмомашини та перевозить преформи до інфрачервоного підігрівача. Швидкість перевезення преформ контролюється за допомогою датчика швидкості. За допомогою цього датчика оператор може пришвидшувати чи уповільнювати виробництво в залежності від потреб.

Коли преформа потрапляє до підігрівача, починається процес підготовки заготовки безпосередньо до її видуву. Оскільки потрібно контролювати температуру преформи в підігрівачі, в неї вмонтований датчик температури, який передає інформацію до блоку управління.

Процес видуву тари відбувається в середні пресформи, до якої подається заготовка після нагрівання. Спочатку преформа витягується вниз, завдяки металевому стержню, що вставляється в середину. Коли він досягає дна пресформи, тара миттєво розширюється завдяки поданого до неї тиску. Величина тиску при видуві тари досягає 40 бар.

Подання тиску до прес-форми досягається завдяки компресору, який наганяє повітря до резервуару, що пускає кисень тільки в той момент, коли клапан знаходиться у відкритому положенні. Контролює роботу компресора

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та клапану – блок управління, що зчитує всю необхідну інформацію з датчика тиску. Так, як стінки прес-форми постійно охолоджуються, в момент коли преформа притискається до холодних стінок форми, пляшка охолоджується, стає досить жорсткою і, таким чином, вже готова негайно покинути прес-форму, коли та відкриється. Охолоджується преформа за рахунок холодної води, яка подається с охолоджувального механізму, роботу якого контролює блок управління завдяки датчику температури, який надає інформацію про температуру стінок прес-форми.

Останнім етапом виробництва являється процес вивантаження готової продукції до накопичувача. За кількістю вільного місця в ньому, можна спостерігати за допомогою такого ж самого датчика рівня, як і накопичувачі бракованих преформ.

Пульт оператора буде мати можливість контролювати усі виробничі процеси завдяки рідкокристалічному дисплею та клавіатурі.

Функціональна схема автоматизованої системи управління ділянкою виготовлення тари із преформ представлена в документі ІА52.220БАК.005 Э2.5.

## Висновки до розділу 2

Даний розділ повністю присвячений розробці структурних та функціональних схем. Спершу було досліджено технологічний процес виготовлення ПЕТ тари. В результаті чого було розроблено структурну схему всього виробництва. На основі якої, було розроблено додаткові структурні та функціональні схеми наступних ділянок:

- ділянка виробництва преформ;
- ділянка виготовлення тари із готових преформ.

Дані схеми дозволяли розібрати процес виробництва детальніше, якщо структурна схема допомагала зрозуміти загальну концепцію роботи ділянки, то функціональна схема в свою чергу дає можливість зрозуміти як

					ІА52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

відбувається процес виробництва по етапно, визначити обладнання, яке необхідно для розробки даної системи управління.

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ВИКОРОСТАНОГО В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ПЕТ ТАРИ

Спираючись на розроблені структурні та функціональні можна зрозуміти, що важливою частиною системи управління є датчики. Дані які вони зчитують, дають можливість контролювати весь процес виробництва. В данній системі використовуються наступні типи датчиків:

- датчики температури;
- датчик тиску;
- датчики рівня;
- датчики ваги (тензодатчики);
- датчики швидкості.

Оскільки варіантів реалізації даних датчиків багато і в кожного з цих варіантів є свої плюси та мінуси, виникає необхідність в аналізі всього доступного устаткування.

#### 3.1 Вибір датчика температури

На сьогоднішній день вимірювати температуру можна наступним обладнанням:

- манометричні термометри;
- терморезистори;
- термопари;
- термометри опору.

Оптимальним рішенням є використання в якості датчика температури – термопари. Оскільки він має наступні переваги:

- великий температурний діапазон виміру від -25 °С до 2500 °С;
- проста конструкція самого датчика;
- дешевизна;

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

— надійність.

Матеріал з якого виготовлена термопара на пряму впливає на діапазон вимірювання температури. Широко застосовуються мідь-константанові і залізо-константанові термопари. Мідь-константанова термопара застосовується для вимірювання температур від -100 до +350 °C, а залізо-константанові можуть бути використані для вимірювання температури до 750 градусів.

Детальні характеристики мідь-константанової термопари наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики мідь-константанової термопари  
CZAKI – 221, 231 [14]

Тип термопари - модель	T – 221, 231
Матеріал позитивного електроду	Мідь (Cu)
Матеріал негативного електроду	Констант (Cu — Ni)
Температурний діапазон вимірювання (Довгостроково)	від -50 до +300 °C,
Температурний діапазон вимірювання (Короткостроково)	від -150 до +400 °C
Клас точності 1	$\pm 0.5$ від -40 до +125 °C, $\pm 0.004 \times T$ від +125 до +300 °C,
Клас точності 2	$\pm 0.1$ від -40 до +133 °C, $\pm 0.0075 \times T$ від +133 до +300 °C,
Кольорове маркування	Коричнево-білий



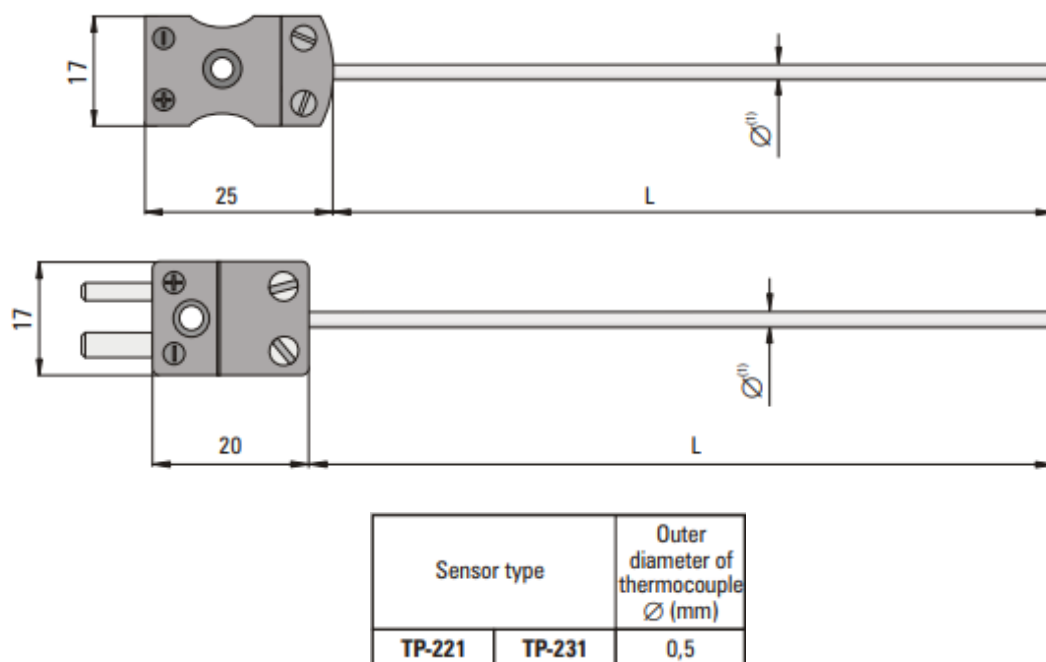


Рисунок 3.1 - мідь-константова термопара CZAKI – 221, 231 [15]

На рисунку 3.2 представлена залізо-константова термопара компанії CZAKI

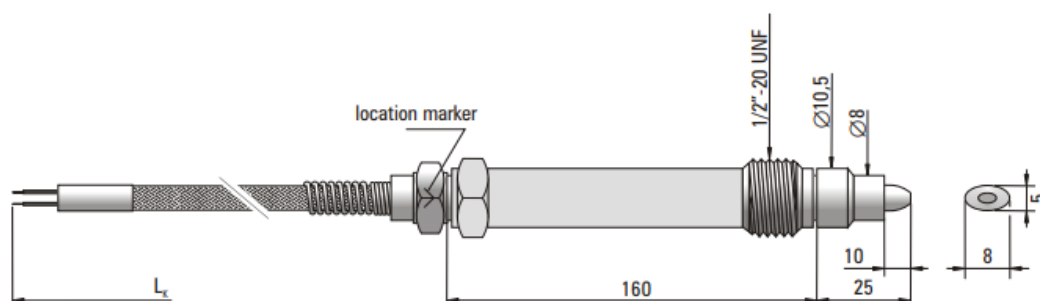


Рисунок 3.2 - залізо-константова термопара CZAKI – 293

у таблиці 3.2 представлено детальні характеристики залізо-константової термопари CZAKI – 293 [16].

таблиця 3.2 – технічні характеристики залізо-константанової  
термопари CZAKI – 293 [14]

Тип термопари	J - 293
Матеріал позитивного електроду	Мідь (Fe)
Матеріал негативного електроду	Констант (Cu — Ni)
Температурний коефіцієнт	55.2 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Температурний діапазон вимірювання (Довгостроково)	від -0 до +700 $^\circ\text{C}$ ,
Температурний діапазон вимірювання (Короткостроково)	від -180 до +800 $^\circ\text{C}$
Клас точності 1	$\pm 1.5$ від -40 до +375 $^\circ\text{C}$ , $\pm 0.004 \times T$ від +375 до +750 $^\circ\text{C}$ ,
Клас точності 2	$\pm 2.5$ від -40 до +333 $^\circ\text{C}$ , $\pm 0.0075 \times T$ від +333 до +750 $^\circ\text{C}$ ,
Кольорове маркування	Чорно-білий

Порівнюючи вище наведені характеристики, а саме: діапазон вимірювання температур та точність вимірювання, перевагу можна надати мідь-константановій термопарі.

### 3.2 Вибір датчика тиску

Давачами тиску називаються пристрої, вихідні сигнали яких залежать від тиску середовища в якому вони знаходяться. У сьогоденні датчики тиску використовуються майже у кожній автоматизованій системі [18].

Датчики тиску класифікують за такими видами:

— абсолютного тиску — це давачі тиску, що вимірюють тиск відносно тиску рівня абсолютного вакууму;

- надлишкового тиску — це давачі, що вимірюють зростання тиску відносно барометричних показників (абсолютного тиску земної атмосфери);
- розрідження — це давачі, що вимірюють зменшення тиску відносно барометричних показників;
- тиску-розрідження — це датчики тиску, що вимірюють зростання або падіння тиску відносно барометричного тиску;
- різниці тисків — це давачі диференціального типу, які вимірюють тиск в двох різних точках одного процесу, за умови, що жоден з вимірювальних тисків не є барометричним (атмосферним);
- гідростатичного тиску — це давачі тиску, що вимірюють статичний тиск в трубопроводах, що є різницею повного і динамічного тисків, при цьому швидкісні характеристики потоку враховуються в окремих витратомірах і лічильниках.

Оскільки необхідно контролювати рівень тиску в середовищі зжатого повітря, то потрібно порівнювати між собою датчики, які спроможні працювати в даних умовах.

На рисунку 3.3 зображений датчик тиску для зжатого повітря SMC PSE530



Рисунок 3.3 — датчик тиску для зжатого повітря SMC PSE530 [19]

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

В таблиці 3.3 наведено технічні характеристики датчика тиску SMC PSE530

Таблиця 3.3 — Технічні характеристики датчика тиску для зжатого повітря SMC PSE530 [19]

Модель	SMC PSE530
Діапазон робочого тиску	0-1 МПа
Робоче середовище	Зжате повітря, некорозійні гази
Ступінь захисту	IP40
Діапазон робочих температур	від 0 до +50 °С,
Діапазон температур збереження	від 0 до +70 °С,
Вага	3.8 г

На рисунку 3.4 зображений датчик тиску для зжатого повітря ДМП343



Рисунок 3.4 — датчик тиску для зжатого повітря ДМП343 [20]

Технічні характеристики вищенаведеного датчику наведено у таблиці 3.4

Таблиця 3.4 — Технічні характеристики датчика тиску для стиснутого повітря ДМП343 [20]

Модель	ДМП343
Діапазон робочого тиску	0.6 -1 МПа
Робоче середовище	Зжате повітря, некорозійні гази
Ступінь захисту	IP65
Діапазон робочих температур	від -25 до +100 °С,
Діапазон температур збереження	від -40 до +125 °С,
Вага	140 г

Дивлячись на вищенаведені характеристики, а саме діапазон робочих температур та ступінь захищеності датчика, перевагу можна надати датчику ДМП343.

### 3.3 Вибір датчика рівня

Оскільки потрібно перевіряти рівень наповненості бункерів сировиною, накопичувачів готової тари та бракованих преформ, необхідно використовувати датчики рівня, які за своїм принципом роботи можуть бути як і контактні, так і дистанційними. В системі управління виробництвом ПЕТ тари в якості датчиків рівня використовувалися ультразвукові рівнеміри, принцип роботи яких полягає в тому, що випромінювач генерує ультразвукові хвилі, які відбиваючись від поверхні повертаються до приймача [21].

На рисунку 3.3 зображено ультразвуковий датчик рівня EchoTREK.



Рисунок 3.5 зображено ультразвуковий датчик рівня EchoTREK [21]

Технічні характеристики ультразвукового датчика рівня EchoTREK наведено у таблиці 3.3 — Технічні характеристики ультразвукового датчика рівня EchoTREK

Таблиця 3.5 — Технічні характеристики ультразвукового датчика рівня EchoTREK [21]

Модель	STD/SBD-34
Максимальна відстань вимірювання	15 м
Мінімальна відстань вимірювання	0.5 м
Матеріал сенсора	PP або PVDF
Температура середовища	від -30 до +75 °C,
Точність вимірювання	± (0,2% вимірюваного відстані + 0,05% максимального діапазону вимірювання)
Рівень захисту	IP 67

На рисунку 3.6 зображено датчик рівня VEGASON 61



Рисунок 3.6 — датчик рівня VEGASON 61

Технічні характеристики вищенаведеного датчика наведені у таблиці 3.3  
— Технічні характеристики датчика рівня VEGASON 61

Таблиця 3.6 — Технічні характеристики датчика рівня VEGASON 61

Модель	VEGASON 61
Максимальна відстань вимірювання	2 м
Мінімальна відстань вимірювання	0.3 м
Матеріал сенсора	PVDF
Температура середовища	від -40 до +80 °C,
Точність вимірювання	$\pm 0,2\%$
Рівень захисту	IP 67

Для того, щоб підібрати оптимальний датчик рівня для будь-якої системи, потрібно відштовхуватися від висоти тари в якій він буде розташований, в випадку системи управління виробництвом ПЕТ тари, оптимальним буде рішення використовувати датчики VEGASON 61.

### 3.4 Вибір датчика ваги

Для постійного виготовлення однакових преформ, необхідно постійно використовувати однакову кількість сировини яка подається у предпластикатор. Контролювати даний процес допомагають тензодатчики. Бункер в якому знаходиться сировина розташовується на 3-4 тензодатчиках, які безперервно передають інформацію до блоку управління.

На рисунку 3.4 зображено датчик S-образного типу CAS SBA-C3



Рисунок 3.7 — датчик S-образного типу CAS SBA-C3 [22]

Технічні характеристики вищенаведеного датчика показано у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 — Технічні характеристики CAS SBA-C3 [22].

Тип тензодатчика	S-образний тип
Навантаження	1 тонна
Рівень захищеності	IP65
Матеріал корпусу	Нікелірована сталь
Нульовий сигнал	0.03 мВ/В
Повзучість	0.017 %



На рисунку 3.8 зображено датчик НВМ С16І2С3



Рисунок 3.8 — датчик НВМ С16І2С3 [23]

Технічні характеристики вищенаведеного датчика показано у таблиці 3.4 — Технічні характеристики НВМ С16І2С3.

Таблиця 3.8 — Технічні характеристики НВМ С16І2С3 [23]

Тип тензодатчика	Колонний
Навантаження	3 тони
Рівень захищеності	IP68
Матеріал корпусу	Нікелірована сталь
Нульовий сигнал	0.03 мВ/В
Повзучість	$\leq \pm 0.06 \%$

Якщо обирати серед вищенаведених датчиків, то однозначно кращим варіантом буде використання НВМ С16І2С3, адже навантаження, яке витримує дане обладнання та рівень його захищеності значно краще ніж у CAS SBA-C3.

### 3.5 Вибір датчика швидкості

Пристрої контролю швидкості призначені для контролю розгінну транспортерної стрічки конвеєрів, а також інших промислових механізмів, і подальшого контролю швидкості стрічки в заданому діапазоні методом вимірювання поточної частоти імпульсів, що надходять від датчика швидкості, встановленого на контрольованому механізмі.

На рисунку 3.5 — датчик контролю швидкості АУК-1М зображено зовнішній вигляд датчика контролю швидкості АУК-1М [23].



Рисунок 3.9 — датчик контролю швидкості АУК-1М

Технічні характеристики датчика контролю швидкості АУК-1М наведено у таблиці 3.5 — Технічні характеристики АУК-1М

Таблиця 3.9 — Технічні характеристики АУК-1М [23]

Контрольована швидкість стрічки	До 3.15 м/с
Рівень захисту	IP54
Максимальна довжина транспортера	200 м
Габарити	360 x 265 x 195 мм
Вага	4.5 кг
Напруга	6.5 В

На рисунку 3.10 — датчик швидкості IV1B, зображено індуктивний датчик швидкості.



Рисунок 3.10 — датчик швидкості IV1B [24]

Технічні характеристики до вищенаведеного датчика представлено у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 — технічні характеристики датчика швидкості IV1B [24]

Контрольована швидкість стрічки	Необмежена
Рівень захисту	IP65
Максимальна довжина транспортера	Необмежена
Габарити	30 x 1.5 x 100 мм
Вага	13г
Діапазон робочої напруги	Від 10 В до 30 В

Однозначно вибір припадає на індукційний датчик IV1B, у зв'язку з його габаритами, рівнем захищеності, а також незалежним контролем швидкості транспортера.

### Висновки до розділу 3

В даному розділі було проаналізовано та обрано датчики, які відповідають за зчитування інформації, а саме:

- датчики температури;
- датчик тиску;
- датчики рівня;
- датчики ваги;
- датчики швидкості.

Було проведено порівняння серед доступних на ринку рішень, які можуть використовуватися в автоматизованій системі управління виробництвом ПЕТ тари та на основі технічних характеристик було прийнято оптимальний вибір обладнання, яке задовольняє всі вимоги даного виробництва.

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

## 4 АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРІВ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ ПРЕДПЛАСТИКАТОРА

Головною ціллю виробництва є отримання готової, а головне якісної ПЕТ-тари. Оскільки робота предпластикатора напряду впливає на якість преформи необхідно контролювати швидкість роботи шнека, а також температуру сировини яка подається до предпластикатора. В якості регулювання було використовувано ПІД регулятори. ПІД регулятор — це прилад, який використовується в автоматизованих системах керування для регулювання температури, тиску, швидкості та інших перехідних процесів. Контролери ПІД (пропорційні інтегральні похідні) використовують механізм зворотного зв'язку для керування змінними процесу і є найбільш точним і стабільним контролером.

### 4.1 Аналіз та синтез регулятора для управління роботою нагрівача

Модель системи регулювання температури в предпластикаторі, яка розроблена в середовищі MATLAB/Simulink представлена на рисунку 4.1



Рисунок 4.1 — Модель системи регулювання температури в предпластикаторі.

Дана модель моделює роботу нагрівача, як і з використанням регулятора так і без нього. Графік характеристики цифрової системи з ПІД-регулятором і

без нього зображенні на рисунку 4.2. Синім кольором зображена цифрова характеристика враховуючи корегування ПІД-регулятора, жовтим без нього.

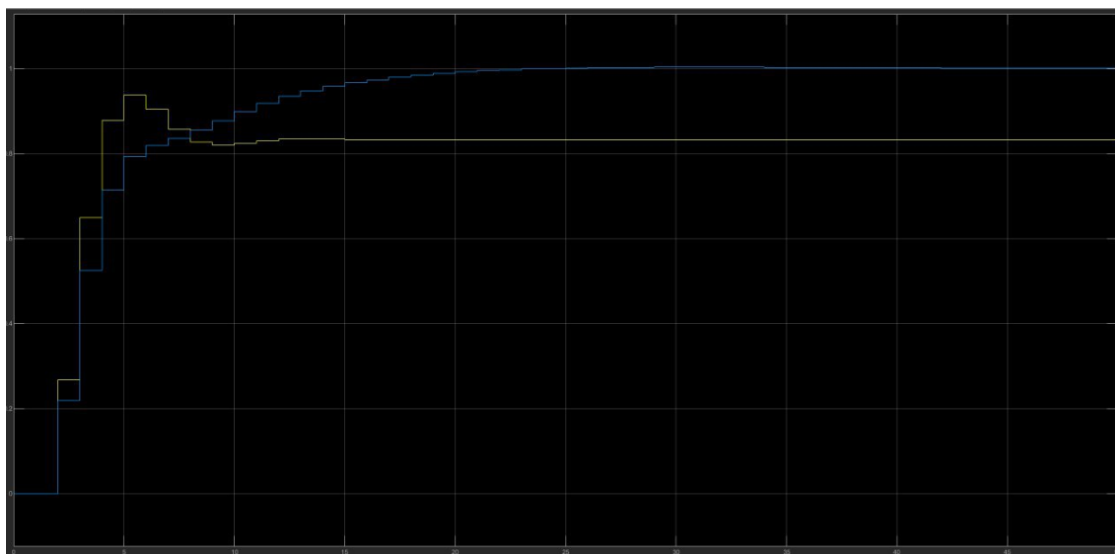


Рисунок 4.2 — графік характеристики цифрової системи

Параметри ПІД-регулятора зображено на рисунку 4.3

Proportional (P): 0.526131640430139  
 Integral (I): 0.0532670865165147  
 Derivative (D): 0.693594481799399

Рисунок 4.3 — параметри ПІД регулятора

Даний регулятор підходить для використання в нашій системі, адже відсутнє перерегулювання, що є важливою характеристикою для нагрівачів, оскільки перенагрівання сировини в предпластикаторі може призвести до погіршення якості преформ.

Показники якості перехідного процесу з регулятором та без нього наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 — показники якості перехідного процесу

Показники якості	З регулятором	Без регулятора
$h_{\max}$	1.02	0.953
$t_{\text{пп}}$	23.2 с	7.8 с
$t_{\text{уст}}$	23.2 с	4.01 с
$h_{\text{уст}}$	1	0.827
$\sigma$	2 %	15 %

#### 4.2 Аналіз та синтез регулятора для управління шнеком

Для того, щоб гранулят в предпластикаторі перейшов та зберігався в вязкотягучому стані, необхідно контролювати швидкість з якою обертається шнек, за допомогою якого нагріта сировина постійно перемішується. На початковому етапі, швидкість шнека повинна стрімко зростати, в зв'язку з тим, що сировина ще знаходиться у вигляді сипучого гранулята. Коли сировина вже готова для лиття, її необхідно підтримувати в вязкотягучому стані, підтримуючи швидкість шнека сталою.

Модель системи регулювання швидкості шнека в предпластикаторі, яка розроблена в середовищі MATLAB/Simulink представлена на рисунку 4.4.



Рисунок 4.4 — Модель системи регулювання швидкості обертання шнека в предпластикаторі.

Графік характеристики цифрової системи з ПД-регулятором і без нього, зображений на рисунку 4.5.

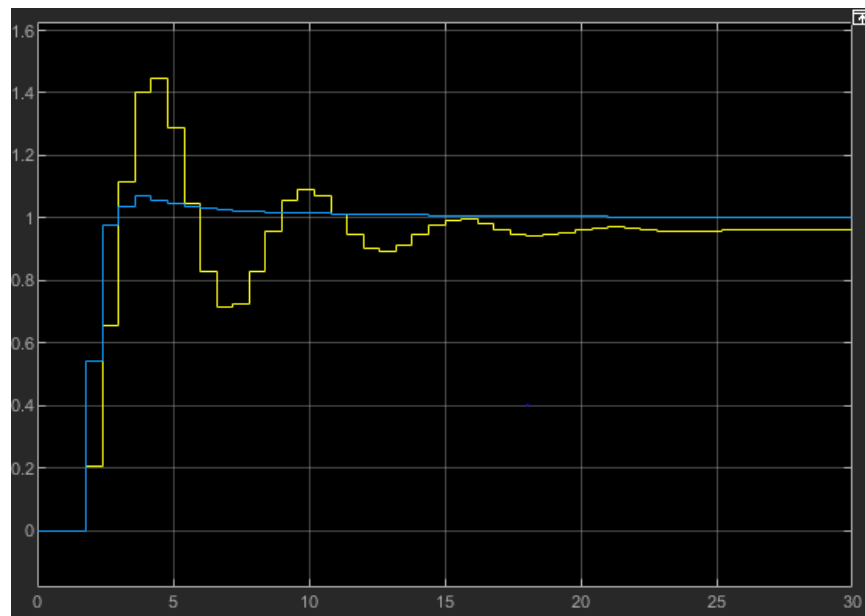


Рисунок 4.5 — графік характеристики цифрової системи

На вище наведеному рисунку зображено дві характеристики цифрової системи. Синім кольором враховуючи роботу ПД-регулятора, жовтим без нього. Параметри ПД-регулятора зображено на рисунку 4.6

Proportional (P): 0.828497327487977

Integral (I): 0.0787551791541269

Derivative (D): 0.698358474354496

Рисунок 4.6 — параметри ПД регулятора

Показники якості перехідного процесу з регулятором та без нього наведені у таблиці 4.2.



Таблиця 4.2 — показники якості перехідного процесу

Показники якості	З регулятором	Без регулятора
$h_{\max}$	1.05	1.45
$t_{\text{пп}}$	2.6 с	12.4 с
$t_{\text{уст}}$	2.6 с	2.6 с
$h_{\text{уст}}$	1	0.962
$\sigma$	5 %	50.7 %

Порівнюючи показники якості перехідного процесу системи з регулятором та без нього, можна зробити висновок, що використання регулятора є необхідним, оскільки показники якості перехідного наведенні у таблиці 4.2 з регулятором значно краще ніж без нього

#### Висновки до розділу 4

В даному розділі було розроблено модель системи керуванням температурою та швидкістю шнека в предпластикаторі. Також було проаналізовано перехідні характеристики процесів, які були зображені на осцилографі. За допомогою графіків було зчитано показники якості перехідних процесів, які були внесені до відповідних таблиць, на основі яких було зрозуміло, що використання ПД-регуляторів значно покращує роботу всієї системи

## ВИСНОВКИ

Під час виконання даного дипломного досліджено тенденції розвитку ринка ПЕТ-тари та наведено її численні переваги порівняно з іншими видами упаковки.

В ході роботи, було розглянуто технологічний процес виготовлення ПЕТ-тари та основі його етапи. На основі яких, була розроблена загальна структурна схема всієї системи управління цим процесом. У зазначеній схемі виділено шість ділянок виробництва:

- ділянка зберігання і підготовки сировини;
- ділянка виробництва преформ;
- ділянка виготовлення тари із готових преформ;
- ділянка зберігання готової продукції;
- компресорна установка;
- охолоджувальна установка.

Було проаналізовано технологічні процеси, що відбуваються на кожній з вищенаведених ділянок. В результаті аналізу встановлено, що ділянка виробництва преформ та ділянка виготовлення тари з преформ потребують більш детального вивчення. У зв'язку з цим були розроблені структурні та функціональні схеми, що дозволяють повною мірою забезпечити потреби управління даними процесами.

На основі функціональних схем було обрано обладнання для зчитування інформації, спираючись на характеристики, які наводили виробники даного устаткування.

Було розроблено дві математичні моделі в середовищі MATLAB/Simulink. Перша моделює роботу регулятора який контролює температуру в предпластикаторі і дає можливість підтримувати температуру сировини на заданому рівні. Друга регулює швидкість обертання шнека предпластифікатора та дозволяє уникнути нестабільності його роботи.

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Выдув ПЭТ тары [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.missp.ru/info/article/1608>.
2. ЩО ТАКЕ ПЕТ? [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [http://www.taraplast.com.ua/u\\_material.php](http://www.taraplast.com.ua/u_material.php).
3. Классификация ПЭТ преформ. Виды ПЭТ преформ. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.ekoprozess.ru>
4. Новый стандарт PCO 1881 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.demetra-odis.com/rso-1881/>.
5. Охлаждение автоматов выдува ПЭТ-тары [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.chillerprom.ru/services/okhlazhdenie-avtomatov-vyduva-pet-tary/>.
6. Контроль качества пэт-бутылки [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://maspack.ru/kontrol\\_kachestva\\_pet/](https://maspack.ru/kontrol_kachestva_pet/).
7. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРЕСС ФОРМ. ОТ ЧЕРТЕЖА ДО СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://klona.ua/blog/liteynoe-proizvodstvo/izgotovlenie-press-form-ot-cherteja-do-seriynogo-proizvodstva>.
8. Поршневой компрессор K22 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://99bar.ru/kompressory-porshnevy/415-porshnevoj-kompressor-k22.html>.
9. Универсальный полуавтомат выдува ПЭТ бутылок [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www.equipnet.ru/equip/equip\\_15254.html](https://www.equipnet.ru/equip/equip_15254.html).
10. ПРТ4-1800 – универсальная печь разогрева ПЭТ (ПЭТФ) преформ [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [http://masterpet.ru/equipment/heating/prt4\\_1800/](http://masterpet.ru/equipment/heating/prt4_1800/).

11. Холодильные установки обратного водоснабжения (Серия ВТХО) [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [http://www.proholod.by/catalogue/dt/env/r\\_id/eq/13/nex/id/eq/19](http://www.proholod.by/catalogue/dt/env/r_id/eq/13/nex/id/eq/19).

12. Pet Technologies [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://pet-eu.com/ru/produkty/vyduvnoe-oborudovanie/>.

13. httpВинтовой компрессор GENESIS 5.5 10/270s://all.biz/uz-ru/vintovoj-kompressor-genesis-55-10270-g8003972RU [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://all.biz/uz-ru/vintovoj-kompressor-genesis-55-10270-g8003972RU>.

14. Термопара [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0>.

15. BC%D0% BE%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0.

16. мідь-константанова термопара CZAKI – 221, 231 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [http://www.czaki.wchfs.pl/produkt/czujniki-termoelektryczne-tp-231\\_234/](http://www.czaki.wchfs.pl/produkt/czujniki-termoelektryczne-tp-231_234/).

17. залізо-константанова термопара CZAKI – 293 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.czaki.pl/produkt/czujnik-temperatury-tp-293/>.

18. Датчики давления. типы, характеристики, особенности [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://kontech-system.com.ua/articles/datchiki-davlenija-tipy-harakteristiki-osobennosti-podbor/>.

19. Pressure sensor 1MPa 6mm +/- 1Pc FS [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://ua.rsdelivers.com/product/smc/pse530-m5-l/pressure-sensor-1mpa-6mm-1pc-fs/7007569>.

20. Малогабаритные датчики абсолютного и избыточного давления DMP 343 (ДМП 343) Подробнее: <https://kip62.ru/p47909789-malogabaritnye-datchiki-absolyutnogo.html> [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:<https://kip62.ru/p47909789-malogabaritnye-atchikiabsolyutnogo.html>.

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Уровнемеры [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:  
<https://www.rospribor.com/catalog/daturc/urovnemer/>.

22. Технічні характеристики CAS SBA-C3 [Электронный ресурс] –  
Режим доступа до ресурсу: <https://topscan.com.ua/p8263269-cas-sba-tenzodatchik.html>.

23. Датчик контроля скорости [Электронный ресурс] – Режим доступа  
до ресурсу: <http://contragent.com.ua/produksiya/g-sh-o/item/datchik-kontrolya-skorosti-dks>.

24. Технічні характеристики датчика швидкості IV1B [Электронный  
ресурс] – Режим доступа до ресурсу:  
<https://sensorika.com.ua/shop/beskontaknyie-vyiklyuchateli/datchiki-kontrolya-skorosti/datchik-kontrolya-skorosti-iv1b-af81a5-43n-10-lz/>.

					IA52.220БАК.005 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		